Polyporus betulinus

und

Polyporus laevigatus,

zwei Parasiten der Birke.

Jnaugural-Dissertation

der

hohen philosophischen Facultät der Universität München

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Dr. oec. publ. Heinrich Mayr

aus Grafrath.

Mit zwei lithographirten Tafeln in Farbendruck.

Cassel, 1884.

Verlag von Theodor Fischer.

Separatabdruck aus dem Botan. Centralblatte Bd. XIX. 1884.

Polyporus betulinus

und

Polyporus laevigatus,

zwei Parasiten der Birke.

Inaugural-Dissertation

der

hohen philosophischen Facultät der Universität München

zur

Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

Dr. oec. publ. Heinrich Mayr

aus Grafrath.

Mit zwei lithographirten Tafeln in Farbendruck.

Cassel, 1884.

Verlag von Theodor Fischer.

Separatabdruck aus dem Botan. Centralblatte Bd. XIX. 1884.

Unter den pathologischen Objecten der botanischen Sammlung hiesiger Anstalt fand sich ein Fruchtträger von Polyporus betulinus, den im Jahre 1875 Maxime Cornu aus Frankreich zugeschickt hatte mit der Bemerkung: „an einem Birkenstamm gefunden, den, wie es scheint, der Pilz getödtet hatte.“ Diese Notiz, sowie eine Reihe von Fällen, in denen an noch lebenden Birken in grosser Menge die Pilzfrüchte des Polyporus betulinus hervorbrachen, machten den Parasitismus dieses Pilzes sehr wahrscheinlich, und heute kann ich sagen, dass P. betulinus, nachdem es mir gelungen ist, durch das Experiment den Pilz auf ganz gesunde Birken im Walde zu übertragen, ein ächter Parasit des Holzkörpers ist. Für viele Holzarten liegt in den Worten: Parasit des Holzkörpers eine contradictio in se; denn der Holzkörper, in specie das Kernholz vieler Bäume, wie der Kiefer, Fichte etc. ist von dem todten Holze eines gefällten Stammes, dessen Zellwandungen noch lange mit Wasser gesättigt bleiben, in nichts unterscheidbar; Pilze, die nur im Kernholze genannter Bäume leben, könnten ebensogut als Saprophyten bezeichnet werden. Anders verhalten sich jene Pilze, die in Holzarten leben, welche durchaus aus Splintholz, also aus lebendem Holze bestehen, wie die Birke; denn in ihnen bleiben die parenchymatischen Zellen plasmaführend und lagern in sich im Winter Reservestoffe ab. Pilze, welche in diesen Bäumen wohnen und deren vorzeitiges Absterben veranlassen, müssen wir als Parasiten bezeichnen. Doch ist ihr Parasitismus von dem einer Peronosporee z. B. sehr verschieden. Wir sehen nämlich, dass, wenn der Pilz einmal in's Stamminnere gedrungen ist, die unter seiner Einwirkung aus Plasma, Zellinhalt und Zellstoff ausgeschiedene Zersetzungsflüssigkeit, welche regelmässig die Bräunung der befallenen Holzpartien veranlasst (Tafel I, Fig. 6 b), theils durch ihr Gewicht, theils durch den Wasserstrom auf- und abwärts geführt wird; dieselbe bedingt aber ein Absterben der plasmaführenden Zellen und die Thätigkeit des nachfolgenden Pilzmycels ist von der eines saprophytischen Mycels kaum mehr verschieden.

Die Fähigkeit der wachsenden Pilzhyphe, durch das an ihrer Spitze ausgeschiedene Ferment die Wandungssubstanz der Zellen vor sich her auflösen und somit eine Wandung gleichsam durchbohren zu können, kann nicht als Kriterium für den Parasitismus

gelten, denn ächte Saprophyten wie Merulius, viele Polyporus- und Thelephora-Arten, die an verbautem Holze leben, besitzen diese Fähigkeit in ganz vorzüglicher Weise. Es bleibt also für den Charakter eines Parasiten nur die Eigenschaft des aus der Spore keimenden Mycels übrig, in unverletzte lebende Zellen eindringen und deren Inhalt bräunen zu können; auf diese Weise erfolgt der erste Angriff eines ächten Parasiten auf den Holzkörper der Pflanzen. Bei der radiären Verbreitung des Pilzes kommt dieser Vorgang auch in der Folge zur Geltung; die Ausdehnung des Mycels der Längsachse des Stammes parallel ist aber, weil die Zersetzungsflüssigkeit das Terrain für den Pilz gleichsam vorbereitet hat, eine vorwiegend saprophytische, und darum ist auch das Fortschreiten des Pilzes nach letzterer Dimension ein sehr viel rascheres als in radiärer Richtung; dazu kommt noch, dass die Gefässe der Laubhölzer und Harzgänge der Nadelhölzer sehr bequeme Bahnen zur Auf- und Abwärtswanderung für den Pilz darstellen.

Bei sehr vielen Pilzen prägt sich dieser erwähnte Unterschied in den physiologischen Leistungen der Mycelien auch schon in ihrer morphologischen Erscheinung aus. So besitzt der später zu beschreibende Polyporus laevigatus sehr verschiedene Mycelformen; jenes Mycel, das die Wandungen der lebenden Zellen durchdringt, das Austreten von Zersetzungsflüssigkeit und Ansammlung derselben in den Gefässen und Tracheiden des befallenen Holzes veranlasst, also parasitisch im wahren Sinne ist, ist ein zartes Mycel (Tafel II, Fig. 9 a); dasjenige, welches die gelösten Stoffe in den Gefässen aufzehrt und die verticale Propagation des Pilzes befördert, ist äusserst kräftig, dicht mit Plasma erfüllt (Fig. 9 b); mit zunehmendem Nahrungsmangel nimmt das Mycel an Dicke ab, und es entsteht zuletzt durch Aussprossung der alten Mycelfäden, welche resorbirt werden, ein sehr feines, mit den stärksten Vergrösserungen noch kaum messbares, dicht filzartig die Gefässe und Tracheiden erfüllendes und die Auflösung der Zellwandung beendigendes Mycel. Endlich hat der erwähnte Polyporus noch eine vierte Mycelform, indem da, wo das Mycel aus irgend einer Veranlassung der Atmosphäre preisgegeben wird, der Inhalt der Fäden sich bräunt, was wohl auf eine Oxydation des in den Pilzfäden nachweisbaren Gerbstoffes zurückzuführen ist. Dabei bildet das Mycel durch Sprossung ein dickwandiges, schaumiges, braunes Füllgewebe, das die Gefässe und geöffneten Tracheiden vielleicht zum Schutze für das dahinter liegende Mycel gegen die freie Luft abschliesst (Fig. 11 a, b).

Um einen näheren Einblick in die Art der Zerstörung der Holzelemente durch die beiden Pilze zu gewinnen, ist die Kenntniss dieser Elemente selbst nothwendig, und zu diesem Ende muss ich Einiges über den anatomischen Bau des Birkenholzes vorausschicken.

In De Bary's „Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane" p. 510 findet sich, auf Sanio's Untersuchungen gestützt, die Angabe, dass das Holz der Birke aus Gefässen, Tracheiden, Holzfasern, Strangparenchym und Ersatzfasern bestehe. Th. Hartig

hat im Jahre 1859 in der Botanischen Zeitung p. 107 eine Diagnose veröffentlicht, derzufolge das Birkenholz von Gefässen, Tracheiden und Holzparenchym gebildet wird. Letztere muss ich als die richtige anerkennen. Holzfasern fand ich keine; Ersatzfasern, Faserzellen, welche das Strangparenchym in seinen physiologischen Functionen ersetzen sollen, was hier ja überflüssig wäre, sah ich ebenfalls nicht.

Die Gefässe sind gleichmässig innerhalb des Jahrringes vertheilt; in der Regel stossen 2 bis 3 in radiärer Richtung aneinander, auf ihren Berührungsflächen mit zahllosen gehöften Tüpfeln und spaltenförmiger Innenmündung derselben übersät; die Querwände der Gefässglieder sind weit leiterförmig durchbrochen und schief zur Längsachse des Stammes, in der Radialebene des Holzkörpers gelegen; wo die Scheidewand sich auskeilend an die Gefässwandung sich anlegt (Taf. I, Fig. 3 c), findet sich meist eine Gruppe von kleinen, gehöften Tüpfeln; die Gefässwandung ist, wo sie an Tracheiden angrenzt, meist ohne Tüpfel; zahlreiche gehöfte Tüpfel correspondiren mit den einfachen Tüpfeln der anstossenden Längs- und Querparenchymzellen; hierbei vereinigen sich die spaltenförmigen Innenmündungen der Hoftüpfel oft zu langgezogenen, undeutlich spiralig von rechts nach links verlaufenden Spalten.

Das Alter des Baumes hat einen grossen Einfluss auf die Ausbildung der Gefässe; um zwei Extreme zu wählen, sind die Gefässglieder einer 100-jährigen Birke durchschnittlich 0,10 mm weit und 0,60 mm lang.

An einem 6 Jahre alten Birkenholze ist die Weite der Gefässe durchschnittlich 0,03 mm und die Länge derselben von Glied zu Glied durchschnittlich 0,36 mm; es sind also im alten Birkenholze die Gefässe nahezu noch einmal so lang und 3 mal so weit als jene des jungen Holzes. Auch hinsichtlich der Zahl der Gefässe bestehen grosse Differenzen; auf einem gegebenen Querschnitte standen im alten Holze 53, auf demselben Querschnitte im jungen Holze 127 Gefässe. Betrachtet man aber die Flächensummen der Gefässquerschnitte für die gegebene Holzquerschnittfläche, so stehen 0,516 □ mm im alten Holze 0,050 □ mm im jungen Holze gegenüber.

Die Tracheiden bilden die Hauptmasse des Holzes; sie sind stark verdickt, von ziemlich gleichmässigen Durchmessern. Wo auf dem Querschnitte sehr englumige Organe auftreten (Tfl. I Fig. 3 h), haben wir Durchschnitte der Endigungen der spindelförmigen Zellen vor uns. Die Tüpfelung ist reichlich, sparsam oder fehlt ganz; im letzteren Falle die Organe deshalb „Holzfasern, Libriformfasern“ zu nennen, finde ich überflüssig und in vielen Fällen ist es sogar unmöglich, irgend eine Entscheidung zwischen Tracheiden und Libriformfasern zu treffen, da erstere spaltenförmige, sehr undeutlich gehöfte Tüpfel tragen, während die Libriformfasern ohne Tüpfel oder mit spaltenförmigen oder auch gehöften (Eiche) Tüpfeln versehen sein können.

Die Länge der Tracheiden schwankt im alten Holze zwischen 0,60 und 0,90 mm, im jungen zwischen 0,45 und 0,60 mm; im allgemeinen kann man sagen, dass die Tracheiden des alten Holzes

noch einmal so lang sind als jene des jungen (6-jährigen) Holzes. Die Wandungsdicke ist ebenfalls verschieden; sie liegt beim alten Holze (d. h. stets dem im 100. Lebensjahre des Baumes gebildeten Holze) zwischen 0,007 bis 0,009 mm, beim jungen Holze zwischen 0,003 bis 0,005. Gemäss diesen Thatsachen ist das junge Birkenholz (und darum auch das Kernholz) substanzärmer als das alte Holz; die Weite der Gefässe im alten Holze vermag das Uebergewicht der dickeren Wandung und der geringeren Zahl von dünnwandigen Längsparenchymzellen im alten Holze nicht zu Gunsten des jungen Holzes zu verschieben.

Das Holzparenchym besteht aus dünnwandigen, vereinzelt stehenden oder zu tangentialen Reihen angeordneten Zellen; in der Regel sind die beiden letzten am Schlusse der Vegetationsperiode gebildeten Holzelemente Parenchymzellen. Sie tragen einfache, felderweis an den Wänden angeordnete Tüpfel; ihr Inhalt ist Plasma, im Winter Stärke mit oder ohne stark lichtbrechende Tropfen von Betulin. Ebenso verhalten sich die Markstrahlzellen.

Wo die erwähnten Zellformen an Gefässen vorüberstreichen, zeigen sie zahlreiche einfache Tüpfel, die mit ebensovielen Hoftüpfeln der Gefässwandung correspondiren.

Eine 100-jährige Birke, die ich durch die Güte des Herrn Forstmeisters Klaussner aus dem Münchener Stadtforste bekam, und die gleichzeitig Fruchtträger von Polyporus betulinus und P. laevigatus trug, während die eine seitliche Hälfte des Stammes noch gesund war, untersuchte ich nun auf Substanzmenge, Wassergehalt etc. und stellte sie in der folgenden Tabelle in Vergleich mit dem von den erwähnten Pilzen zerstörten Holze, und zwar wurde das erste Zersetzungsstadium des Holzes durch P. laevigatus bei Tfl. II Fig. 6a, das zweite Stadium bei Fig. 6c, ferner das erste Stadium der Zersetzung für P. betulinus bei Tfl. I Fig. 6b, das zweite bei Fig. 6c genommen.

Es ergab sich nun:

Es enthalten	Gesundes Birkenholz.	Durch laevig. I. Stad.	Durch laevig. II. Stad.	Durch betulin. I. Stad.	Durch betulin. II. Stad.
	gr	gr	gr	gr	gr
100 Volumen des frischen Holzes an Trockensubstanz	38,24	33,33	21,25	34,63	16,04
100 Volumen des abs. trockenen Holzes an Trockensubstanz (specif. Trockengewicht) . . .	74,39	63,00	33,70	70,72	30,02
100 gr frischen Holzes an Wasser	41,67	32,09	29,76	37,37	39,77
100 Volumen des frischen Holzes haben ein Gewicht von (specif. Frischgew.)	102,29	77,43	47,04	91,07	44,21
Es schwindet beim Austrocknen um Procente	19,8	17,5	4,0	19,4	11,3

Ebenso deutlich erhellt der Einfluss des Pilzfermentes auf den Holzkörper aus der chemischen Analyse, die ich im hiesigen Pflanzenphysiologischen Institute unter Dr. Löw's Leitung ausführte.

Es besteht das gesunde Birkenholz:

aus 46,6% C, 6,5% H, 46,6% O und Spuren von N, sowie 0,3% Asche,

das von laevigatus zersetzte Holz (II. Stadium):

34,8% C, 6,6% H, 56,3% O und Spuren von N, sowie 1,3% Asche,

das von betulinus zersetzte Holz (II. Stadium):

51,8% C, 5,9% H, 41,2% O und Spuren von N, sowie 1,1% Asche.

Da die Zersetzung durch P. betulinus (II. Stadium) fast ausschliesslich nur die Mittellamelle (primäre Wand) der Holzorgane zurücklässt (nur wenig Pilzmycel ist in denselben, wie die Spuren von N beweisen), so könnte man geradezu behaupten, dass die Mittellamelle den Verdickungsschichten gegenüber (secundäre und tertiäre Wand) ein geringeres specifisches Trockengewicht, ein geringeres Schwindeprocent besitzt; dass das Volumen der Mittellamelle in einem gegebenen Stücke frischen Holzes, auf die untersuchte Birke bezogen, sich zum Volumen der Verdickungsschichten verhält wie 2:5; dass die Mittellamelle eine kohlenstoffreichere, sauerstoffärmere, aschenreichere Substanz ist.

Ich wende mich nun zur näheren Beschreibung der beiden Pilze selbst.

Polyporus betulinus Bull. (Tafel I) ist an seiner Fruchtträgerform und an seiner Art der Zersetzung des Birkenholzes leicht erkenntlich und mit keinem anderen Pilze zu verwechseln; er lebt nur an Birken und bricht aus der todten Rinde sowohl stehender, als liegender Stämme in Form einer weissen kugeligen Mycelwucherung aus Borkenrissen, Lenticellen oder Bohrlöchern von Eccoptogaster scolytus hervor. Schon im Monat August sieht man die befallenen Stämme mit den weissen 1 bis 2 cm grossen Mycelknollen bedeckt; diese werden nun durch ihr Gewicht bei weiterem Wachsthume zu hängenden, glockenförmigen Gebilden, an deren Oberseite eine vertrocknende Hyphenschicht sich als Oberhaut differenzirt (Fig. 4). Im reifen Zustande (Ende October bis Mitte November) ist der Fruchtträger entweder flach ausgebreitet, auf einer Seite zu einem Stiele ausgezogen und bis zur Grösse von 8 □ dm Oberfläche herangewachsen. Oft ist der Stiel undeutlich, stets aber ist der Fruchtträger an seiner Basis gebuckelt (Fig. 5); der Rand des Hutes ist überhängend, gross wellig, die Oberseite matt umbrabraun, die Unterseite, welche die Porenschicht trägt, sowie das Innere schneeweiss (Fig. 5a, b, c); die Porenschicht lässt sich bei allen Fruchtträgern, wie bei einem Boletus, von der Hutsubstanz ablösen; die Poren sind $^1/_2$ bis 1 cm lang, im Querschnitt gleichmässig rund mit scharfer Schneide an der Mündung, schneeweiss; das Lumen der Poren ist mit dem Hymenium überkleidet, einer Schicht keulenförmiger Basidien, die nur undeutlich den Zusammenhang mit den Verticalhyphen der Trama erkennen lassen, da ihre Basaltheile in einer gallertigen Masse eingebettet liegen (Fig. 7b); an den Basidien entspringen 3, meist 4 sehr

feine Sterigmen, die an ihrer Spitze anschwellen und allmählich die langen, gekrümmten oder bisquitförmigen Sporen abschnüren (Fig. 7a). Die Dicke dieser Sporen ist durchschnittlich 1.4 μ und die Länge 4.6 μ. Sehr vereinzelt treten helle, zartwandige, lanzettförmige Haare über die Hymenialfläche hervor (d). Auf dieser scheiden sich zahlreiche Krystalle von oxalsaurem Kalk im quadratischen Systeme aus, nämlich schön ausgebildete Quadratoktaeder (c) oder Krystalldrusen.

Die Infection der lebenden und gesunden Birken erfolgt wohl meistens an frischen Astbruchstellen durch die erwähnten Sporen, welche im Spätherbste und an warmen Wintertagen von den Fruchtträgern abfliegen; diese Art der Uebertragung des Pilzes schliesse ich aus der Analogie mit anderen Baumparasiten.

Wie aber die ersten Angriffe des der Spore entsprossenen Mycels auf das lebende Zellgewebe erfolgen, kann ich nach einer künstlichen Infection beschreiben. Dieselbe wurde am 14. August in der Weise ausgeführt, dass mit dem Zuwachsbohrer von Pressler, einem mit einem Bohrgewinde versehenen Hohlcylinder, ein Span von der Grösse des Bohrerlumens aus dem pilzkranken Holze herausgebohrt und dieser in ein mit demselben Instrumente gefertigtes Bohrloch im gesunden Stamme eingeschoben wurde (Tfl. II Fig. 5a). Zum Schutze gegen eine Ansiedelung unberufener Pilzgäste, sowie gegen Vertrocknen wurde die ganze Oberfläche der Wunde dick mit Pech verschmiert.

Das über die Oberfläche des kranken Spanes in dem kleinen Fruchtraume hervorwachsende Mycel hat die günstigsten Bedingungen, auf das umgebende, gesunde Holz hinüberzutreten und es geschah dies im beregten Falle dadurch, dass das Mycel unter Durchwachsung der Organe der gesunden Birke in dieser bereits $2^1/_2$ cm von der Infectionsstelle entfernt am 24. November eintraf; dabei trat eine intensiv braune Färbung auf, die sich noch weit über das Mycel hinaus nach oben und unten fortsetzte.

Die Art der Durchbohrung der Zellwände durch das Mycel, das Wachsthum desselben, seine Wirkung auf die Wandflächen überhaupt zeigt Figur 3. Es stellt dieselbe das mikroskopische Bild eines Stückchens Holz dar, an dem der ganze Verlauf der Krankheit vom Anfangsstadium (a) bis zu jener Zersetzungsform, bei welcher die Vegetation des Pilzes abschliesst (f), ersichtlich ist. Dadurch, dass der ganze Verlauf der Krankheit auf wenige Tracheiden und Gefässe zusammengedrängt ist, ist die Figur schematisch. In dieser Gestalt dürfte sie aber einen klaren Einblick in die Biologie des Pilzes gewähren; dabei ist Alles, mit Ausnahme der räumlichen Aufeinanderfolge der Zersetzungsvorgänge, ganz naturgetreu gehalten.

Wir erkennen (bei a und b), dass das Mycel beim Durchsetzen einer Wandung sich verdünnt, so dass in dieser nur eine ganz feine Oeffnung entsteht. Zuerst tritt durch Einwirkung des Pilzes auf Zellinhalt und Zellwandung eine farblose oder schwach gelblich gefärbte Flüssigkeit auf, die sich in den Tracheiden (b) und Gefässen ansammelt, theils als Tropfen, theils, wenn dieselben so

gross sind wie der Querdurchmesser der Tracheiden, in Form einer in der Mitte verdünnten Scheidewand innerhalb des Organes. Sie besteht zumeist aus Holz, Gummi und Gerbstoff, bei fortschreitender Zersetzung färbt sie sich braun, durch Oxydation des Gerbstoffes vielleicht, und erhärtet vollständig (d); der gleiche Vorgang findet auch in der von der Flüssigkeit imprägnirten Wandung statt.

Dabei äussert sich die Thätigkeit des Mycels in der Auflösung der Verdickungsschichten besonders deutlich an Bohrlöchern des Pilzes im Querschnitte (d) oder auch an Flächenansichten (e), wenn die Verdickungsschichten bereits sehr verdünnt, zum Theil ganz weggelöst sind, so dass die feine Durchbrechung der Mittellamelle von einem verschieden gestalteten Reste der Verdickungen umgeben erscheint.

Die physikalische Untersuchung ergibt (nach der früher erwähnten Tabelle), dass 100 Volumina des gesunden, absolut trocken gemachten Birkenholzes beim Uebergange in dieses I. Zersetzungsstadium 3,67 gr Substanz verloren. Die mikrochemische Methode zeigt, dass die Mittellamelle unverändert ist, die Verdickungsschichten aber mit Chlorzinkjod auf Cellulose reagiren, also ihre incrustirenden Substanzen verloren haben; dabei quellen die so behandelten Membranen meist bis zum völligen Verschwinden des Zelllumens auf. Bei weiterem Fortschreiten der Zersetzung (f) verschwinden die Verdickungsschichten vollends, die bräunliche Färbung der Zellwandungen und einzelne Tropfen der Flüssigkeit erhalten sich. Die restirende Wand erweist sich mikrochemisch als die unveränderte Mittellamelle, physikalisch ist sie sehr wesentlich alterirt; denn das Holz in diesem Zustande (Fig. 6 c) ist so überaus brüchig geworden, dass es zwischen den Fingerspitzen sich zum feinsten Mehle zerreiben lässt.

Die chemische Verbrennung dieses Holzes weist einen Kohlenstoffgehalt von 51 %, eine Aschenmenge von 1,1 % auf; hierdurch ergibt sich eine relative Bereicherung an diesen Stoffen dem gesunden Holze gegenüber, und aus der Tabelle entnehmen wir, dass die Substanzmenge in 100 Volumtheilen des absolut trockenen Holzes sich von 74,39 gr auf 30,12 gr vermindert hat, und die Gewichtsmengen gleicher Frischvolumtheile des gesunden und ganz zersetzten Holzes sich verhalten wie 10 zu 4.

In diesem Zustande des Holzes brechen durch die Rinde zahlreiche Fruchtträger hervor; ist die grössere Fläche eines Querschnittes des stehenden Stammes soweit in der Zersetzung vorgeschritten, so bricht derselbe durch sein eigenes Gewicht oder in Folge eines Windstosses zusammen, und an der Erde fallen Saprophyten aus den verschiedensten Pilzfamilien über die von Wasser durchtränkten Holzreste her und beendigen die gänzliche Auflösung und Zerfliessung derselben.

Auch im Rinden- und Basttheile vegetirt das Mycel des Parasiten, in diesen Geweben gleichen Schritt mit dem Fortschreiten im Holzkörper haltend (Fig. 6 d); auch hier durchdringt dasselbe die Wandungen, nicht nur der Parenchymzellen und

Siebröhren, von ihrem Inhalte lebend, sondern auch der steinharten Sklerenchymzellen, sie in Cellulose auflösend und ebenso wie bei den Holzzellen durch Resorption vor der wachsenden Spitze den Weg sich bahnend (Fig. 2 b). Die Rinde sucht sich gegen das Vordringen des Pilzes und der Zersetzungsflüssigkeit durch eine vielzellige Korksicht zu schützen, was jedoch das weitere Vordringen des Mycels nicht verhindern kann, da dieses vom Holzkörper aus immer wieder die gesunden Partien erreicht.

Was nun den Schaden betrifft, den der Parasit verursacht, so ist sicher, dass durch ihn der befallene Stamm fast ganz werthlos wird. Die Ausdehnung des Pilzes ist eine ganz allgemeine, wo die Birke in älteren Exemplaren sich findet. In Deutschland ist der Schaden nur gering, da in dem gegenwärtigen, forstlichen Betriebe die Birke nicht mehr jenes hohe Alter erreicht, das durch Astbrüche besonders günstige Gelegenheiten für die Infection bietet; in Russland dagegen, dessen Waldungen in ungeheurer Menge alte Birkenstämme beherbergen, ist Polyporus betulinus sehr schädlich.

Eine etwaige Massregel gegen die Weiterverbreitung des Parasiten könnte sich nur auf ein Einsammeln der Pilzfrüchte und ein Fällen der befallenen Stämme beziehen.

*

* *

Der zweite hier näher zu beschreibende Pilz, Polyporus laevigatus Fries (Tafel II), ist von dem vorhergehenden total verschieden; er gehört zu den Resupinaten unter den Polyporeen, d. h. zu jenen Pilzen, denen ein deutlicher Hut mangelt, und deren Porenschicht den über die Rindenoberfläche hinwachsenden Mycelflächen unmittelbar aufsitzt. Rabenhorst's Kryptogamenflora führt denselben gar nicht auf, auch Winter erwähnt desselben in seiner neuen Auflage genannter Flora nicht; dagegen gibt Fries*) von demselben folgende Diagnose: „Pol. laev. weit ausgebreitet, lederartig-rauh, begrenzt, aber nicht gerandet, erwachsen sich ablösend, dünn, ganz glatt, zimmtfarbig, unten mit rauher Haut bekleidet; Poren sehr klein, rund, ganzrandig; an der Rinde der Bäume, besonders der Birke." Die Beschreibung passt auf den in den Figuren 1, 2 und 3 abgebildeten Pilz vollständig; ich möchte nur noch hinzufügen: der jugendliche Fruchtträger ist mit deutlichem, hellbraun-filzigem Rande versehen; auf der Oberseite der dicksten Partien (2 mm) desselben kommen kleine Flecke einer sterilen Oberfläche zur Ausbildung, aus der Verschmelzung zahlreicher Hyphen hervorgehend, schwarz und hart (Fig. 2 a); die Fries'sche Diagnose sagt: unten mit rauher Haut bekleidet.

*) Fries, Hymenomycetes europaei sive Epicriseos systematis mycologici. Ed. altera. Upsaliae 1874.

Dieser Ausdruck ist mir unverständlich; bei alten Fruchtträgern löst sich mit denselben eine Partie des Periderms der Birke an den Rändern ab, die allerdings der Unterseite des Fruchtstandes grosse Festigkeit verleiht; eine Haut des Pilzes kann dieselbe jedoch nicht genannt werden. Die Pilzfrüchte des Polyporus laevigatus brechen Ende November als stecknadelkopfgrosse, hell zimmtbraune Mycelmassen aus einem sehr feinen, verticalen Risschen (Fig. 1 a) oder aus Lenticellen oder aus den Bohrlöchern von Eccoptogaster Scolytus (Fig. 1 b) hervor, wachsen flächenförmig über die Rindenoberfläche hinweg, wobei sich mehrere zu einem gemeinsamen, bis 2 □ dm grossen, 1 bis 2 mm dicken Fruchtträger vereinigen. Mit dem Alter werden sie immer dunkler braun, wohl in Folge der fortschreitenden Oxydation des in der Hyphenwandung eingelagerten Gerbstoffes. Die Innenfläche der Poren erscheint weisslich und ist von dem Hymenium ausgekleidet (Fig. 4 bb), zu beiden Seiten der Trama (a), das von keulenförmig angeschwollenen Hyphenendigungen gebildet wird, die mit ihren Basaltheilen, wie bei Polyporus betulinus, in einer Gallerte liegen, sodass ihr Ursprung von den braunen Verticalhyphen undeutlich ist (bb); auf diesen Basidien entstehen an meist 4 Sterigmen die farblosen Sporen (dd). Die Hymenialfläche wird von braunen spatelförmigen Haaren (gg) durchsetzt; auf ihr finden sich Krystalldrusen von oxalsaurem Kalk (ff).

Die Sporen sind farblos, mit einem oder mehreren Oeltropfen versehen, spitz-eiförmig, 3,44 μ lang und im grössten Durchmesser 2,86 μ breit (Fig. 8). In der freien Natur erfolgt die Infection durch die eben genannten Sporen, so wie sie bei P. betulinus beschrieben wurde; durch mehrere künstliche Infectionen, die, wie bereits beschrieben, am 14. August ausgeführt wurden, gelang es mir, den Parasitismus des P. laevigatus unzweifelhaft festzustellen. Auch P. laevigatus veranlasst wie der vorhergehende Polyporus eine Bräunung des befallenen Holzkörpers, indem durch das Mycel die Inhaltskörper der Parenchymzellen, Plasma, Stärkemehl und Betulin zerstört werden. Letzteres findet sich mit oder ohne Stärkemehlbegleitung als stark lichtbrechender Tropfen in den Parenchymzellen, reagirt auf Eisenchlorid schwach bräunlich, ist in absolutem Alkohol löslich und färbt sich durch Ueberosmiumsäure blau. Die Stärkekörner zeigen oftmals bei Behandlung mit Jodtinctur keine Reaction, sie tritt aber bei Zusatz von Schwefelsäure deutlich hervor. Die braune Zersetzungsflüssigkeit in der Region von b der Figur 6 enthält einen mit Eisenchlorid sich grünbraun färbenden Gerbstoff; Ueberosmiumsäure färbt sie nur allmählich schwach grau, während einzelne der Parenchymzellen in ihrem ganzen Inhalte dadurch tief schwarzbraun werden. Partienweise ist der Inhalt der Parenchym- und der diese begleitenden übrigen Zellen ganz entfernt, wodurch die weissen Flecken zu Stande kommen.

Hieran reiht sich eine Zone dicker braungefärbter Hyphen (d), welche das I. Zersetzungsstadium von dem II. scheidet, in dem die

braune Färbung der Zellmembranen und die Zersetzungsflüssigkeit wieder verschwunden ist. (Fig. 7 a.)

Das Mycel ist im Verlaufe der Zersetzung ein viel kräftigeres und reichlicheres als bei P. betulinus. Den ersten Angriff des Mycels auf die Zellwandung und den Inhalt der Zelle illustrirt Fig. 9 a und c, wobei das Mycel sich besonders reichlich in den Gefässen entwickelt; die Art der Wanddurchbohrung ist dieselbe wie bei P. betulinus; in der Auflösung der Verdickungsschichten aber differiren die beiden Pilze, denn die verschwindende Wandung quillt bei Behandlung mit Chlorzinkjod nicht auf, reagirt aber intensiv auf Cellulose. Da die Verdickungsschichten schneller in Cellulose aufgelöst und resorbirt werden als die Mittellamelle, so muss die Innenmündung der Hoftüpfel dementsprechend sich erweitern (Fig. 10 a) und die Durchbohrungen der Mittellamelle müssen sich mit einem sich stets erweiternden Kreise der restirenden Verdickungsschichten umgeben.

Das Mycel sucht besonders die Parenchymzellen auf und zerstört deren Wandungen incl. der Mittellamelle vor allen anderen Zellen; da nun, wie wir bei der anatomischen Betrachtung des Birkenholzes sahen, die letztgebildeten Organe des Jahrringes Parenchymzellen sind, so werden die einzelnen Jahrringe völlig von einander getrennt (Fig. 10 b), sodass das zersetzte Holz in lauter verschieden dicke Cylindermäntel zerfällt.

An der schliesslich eintretenden Umwandlung der Mittellamelle in Cellulose betheiligt sich ein ausserordentlich feines Mycel (Fig. 10 d), wobei das Holz (eigentlich das ehemalige Holz!) eine immer hellere Färbung annimmt und immer brüchiger wird, ohne dabei zerreiblich zu sein. Diese Umwandlung in Cellulose geht besonders rasch in den blau-grünlichen Flecken (Fig. 7) vor sich, in der Umgebung der schwarzen Pünktchen, die sich als Anhäufungen braun gefärbten Mycels documentiren.

Das erste Zersetzungsstadium (Fig. 6 b) zeigt dem gesunden Holze gegenüber einen Substanzverlust von 11,39 g pro 100 Volumeinheiten des absolut trockenen Holzes; der Gehalt an Wasser und die Gewichtsabnahme des frischen Holzes sind so sehr von Zufälligkeiten abhängig, dass ich den Angaben nur relativen Werth beilegen möchte.

Im letzten Zersetzungsgrade endlich sinkt die Masse fester Substanz in 100 Raumtheilen des absolut trockenen Holzes auf 33,70 g, gegenüber 74,39 g des gesunden Holzes. Substanz- und Wasserverlust sind dabei so gross, dass das frisch aus dem Baume genommene zersetzte Holz nur mehr um 4 % der Masse sich verkleinert, während gesundes Birkenholz um 19,8 % schwindet.

Die chemische Analyse des ganz durch P. laevigatus zerstörten Holzes ergibt 34,8 % C, 56,3 % O und 1,3 % Asche.

Wir entnehmen daraus, dass P. laevigatus eine viel weiter gehende Auflösung des befallenen Holzes hervorruft als P. betulinus; der dabei thätige Process ist eine Oxydation, durch welche die Holzsubstanz so sehr an Kohlenstoff verringert wird, dass sie

dadurch unter den normalen, procentalischen Gehalt an Kohlenstoff selbst der Cellulose sinkt.

Cultivirt man von den beiden Pilzen befallene Holzstücke einer Birke im Feuchtraume, so tritt aus der Oberfläche derselben das beiderseitige Mycel als flockiges Polster hervor. Das Mycel des Polyporus betulinus ist zart, septirt, schneeweiss; die spärliche Verzweigung erfolgt in beträchtlicher Entfernung unterhalb der Spitze, mit einer bleibenden, seitlichen Anschwellung der Hauptphyphe beginnend. (Tafel I, Fig. 1.)

Das Mycel von P. laevigatus ist kräftig, septirt, gelb-braun gefärbt, die reichliche Verzweigung erfolgt unmittelbar hinter der wachsenden Spitze (Tafel II, Fig. 12); auch hier bildet die Grundlage für die braune Färbung ein Oxydationsproduct des Gerbstoffes der Hyphe.

Was die Infection von gesunden Birken durch P. laevigatus in der Natur betrifft, so gilt das Gleiche wie für P. betulinus; ob Eccoptogaster Scolytus, der grosse Stutzkäfer, durch seine Bohrlöcher (Tafel II, Fig. 2b) den Pilzsporen die Eingangspforte in die Pflanze eröffnen kann, muss ich dahingestellt sein lassen; dass dieser Käfer für den Pilz von einigem Nutzen ist, geht daraus hervor, dass letzterer seine Fruchtträger mit Vorliebe aus den Bohrlöchern des Eccoptogaster hervorschiebt. In der Praxis sind die Pfleger des Waldes immer geneigt, den Pilz als secundär und irgend etwas Anderes als primäre Ursache für den frühzeitigen Tod des Baumes zu betrachten. Dieses allgemein herrschende Vorurtheil hat die beiden Käferfamilien der Hylesinen und Bostrychinen in sehr üblen Ruf gebracht; ich halte die weitaus grösste Zahl der hierher gehörigen Arten für unschuldige Verzehrer der vom Pilze getödteten, vom Pilzmycel durchdrungenen und daher sehr nahrungsreichen Pflanzengewebe. Dass sie den Zerfall der Gewebe beschleunigen, die technischen Eigenschaften des Holzes schädigen können, ist zweifellos; nicht minder, dass einige wenige von ihnen auch für lebende Bäume äusserst gefährlich sind, aber nur dann, wenn sie in unzählbarer Menge über ein einzelnes Baumindividuum herfallen.

Bezüglich der Schädlichkeit des Polyporus laevigatus, der Verbreitung, der Maassregeln zur Bekämpfung des Parasiten muss ich auf das hierüber bei P. betulinus Gesagte verweisen.

In mehrfacher Hinsicht bemerkenswerth war mir, dass ich bisher die beiden Pilze stets an ein und derselben Wirthspflanze gemeinsam schmarotzend fand; jeder derselben beginnt seine Zersetzung an einem anderen Punkte; sobald sie sich aber im Innern des Holzkörpers begegnen, sehen wir eine Eigenthümlichkeit, die meines Wissens bis jetzt noch nicht beobachtet wurde. Es bildet sich nämlich da, wo die beiden Parasiten aufeinander treffen, eine ganz solide, bis 2 mm dicke, steinharte, dunkelbraune Scheidewand aus, welche die beiderseitigen Gebiete scharf von einander trennt. (Tafel II, Fig. 7c.)

Diese Bildung geht von P. laevigatus (Fig. 7a) aus; denn wir sehen, dass das Mycel desselben, wenn es an die atmosphärische

Luft geräth, z. B. durch Abbrechen eines von ihm befallenen Astes, eine Reizwirkung erfährt, die es veranlasst, sich blasig-schaumig in den Organen des Holzes zu entwickeln (Fig. 11); ferner, dass es sich tief braun färbt und dabei deutliche Reaction auf Gerbstoff zeigt.

Ganz das Gleiche findet bei der Bildung der erwähnten Grenzwand statt; es scheint das Mycel von Polyporus betulinus, beziehungsweise des Ferment desselben, eine ähnliche Reizwirkung auf das Mycel des P. laevigatus auszuüben, wie sie durch die atmosphärische Luft hervorgerufen wird; nur ist hier die Bildung des blasigen Mycels noch viel intensiver, die Einlagerung des dunkelbraunen Farbstoffes, der ebenfalls auf Gerbstoff reagirt, in Pilz- und Holz-Zellwandungen noch viel stärker. Ja selbst dann, wenn die Zersetzung am Boden durch Saprophyten, insbesondere durch Bacterien, bis zum völligen Zerfliessen der Holzsubstanz vorgeschritten ist, bleibt die Scheidewand in noch festem Zustande zurück. Aehnliche Bildungen treten auch auf der Grenze des gesunden und kranken, des kranken und ganz zersetzten Holzes, selbst innerhalb des zersetzten Holzes (Fig. 8 b) auf, ohne dass ich im Stande wäre, dafür eine Erklärung zu geben.

Erklärung der Figurentafeln.

Tafel I. Polyporus betulinus Bull.

Fig. 1. Frei über die Oberfläche eines inficirten Birkenholzes emporgewachsenes Mycel des Polyporus betulinus. Vergr. $^{200}/_{1}$.

Fig. 2. Sklerenchymzellen aus dem Baste der Birkenrinde mit einem grossen Krystall von oxalsaurem Kalk *a*, mit grossen Kanälen *b*, welche das Mycel beim Durchwachsen der Zellwand hervorruft; *c* Querschnitte durch solche Kanäle. Vergr. $^{250}/_{1}$.

Fig. 3. Schematisch gehaltene mikroskopische Ansicht eines in Zersetzung begriffenen Birkenholzstückchens; *a* Parenchymzellen, zugleich Grenze des Jahrringes, die Durchbohrung der Wandung zeigend, *b* Ansammlung der Flüssigkeit in den Tracheiden, *c* Grenze zweier Gefässglieder mit Mycel und vereinzelten Bohrlöchern desselben, *d* Beginn der Bräunung der Zellwände und des Lösungsproductes, fortschreitende Auflösung der Verdickungsschichten gegen *c* hin; *f* letztes Stadium der Zersetzung, es bleibt nur die mit Bohrlöchern versehene Mittellamelle zurück; *g* Scheidewand zweier Gefässe, *h* Querschnitte durch die spitzen Endigungen der Tracheiden. Vergr. $^{200}/_{1}$.

Fig. 4. Erstes Entwicklungsstadium des Fruchtträgers. Nat. Gr.

Fig. 5. Ein reifer Fruchtträger halbirt. *a* Oberhaut, *b* Mark, *c* Hymenium. Vergr. $^{1}/_{2}$.

Fig. 6. Stück einer lebenden Birke, von P. betulinus zersetzt. *a* gesundes Holz, *b* erster Anfang der Zersetzung, *c* letztes Stadium derselben; durch Schwinden des Holzes entstehen tangentiale und radiale Spalten, die sich mit weissem Mycel ausfüllen, *d* Zersetzung der Rinde. Nat. Grösse $^{1}/_{4}$.

Fig. 7. Längsschnitt durch eine Porenwandung (trama). *a* Bildung der Sporen, *b* Gallertmasse, in der die Basaltheile der Basidien liegen, *c* Krystalle von oxalsaurem Kalke, *d* Haarbildungen. Vergr. $^{200}/_{1}$.

Tafel II. Polyporus laevigatus Fries.

Fig. 1. Jugendlicher Fruchtträger bei *a* aus einer kleinen verticalen Spalte, bei *b* aus einem Bohrloche von Eccoptogaster Scolytus hervorwachsend. Nat. Grösse.

Fig. 2. Aelterer Fruchtträger, bei *a* sterile, schwarze Oberflächenbildung, bei *b* Bohrlöcher des Stutzkäfers. Nat. Grösse 1/2.

Fig. 3. Stück eines reifen Fruchtträgers. Vergr. 4/1.

Fig. 4. Längsschnitt durch die Trama *a*, die Grenzschichte zweier Poren, *b* gallertige Basaltheile der Basidien, *c* Anfang der Sporenbildung, *d* reife Sporen, *e* Sterigmen nach dem Abfall des Sporen, *f* Krystalle von oxalsaurem Kalk, *g g* Haarbildungen. Vergr. 4/1.

Fig. 5. Künstliche Infection mit einem vom Pilzmycel durchzogenen Span *(a)* einer kranken Birke, *b* Verschluss der Infectionsstelle. Vergr. 1/3.

Fig. 6. Ein vom P. laevigatus befallenes Stück Birkenholz, *a* gesunder Zustand, *b* erstes Zersetzungsstadium, *c* letztes Stadium, *d* Anhäufung von braunem Mycel auf der Grenze von *a b* und *b c*. Nat. Grösse 1/2.

Fig. 7. Birkenholz, gleichzeitig von P. laevigatus *(a)* und P. betulinus *(b)* zerstört, zwischen beiden die feste Grenzwand *c*. Nat. Grösse 1/2.

Fig. 8. Die farblosen Sporen des Pilzes in tausendfacher Vergrösserung mit Oeltropfen im Inneren.

Fig. 9. Aus der künstlichen Infection, Fig. 5, entnommen; *a* Durchbohrung der Wandungen durch das Mycel, *b* Entwicklung desselben in den Gefässen, *c* Zerstörung des Inhaltes der Parenchymzellen. Vergr. 200/1.

Fig. 10. Holz im letzten Stadium der Zersetzung; bei *a* und *c* Auflösung der Verdickungsschichten durch allmähliche Vergrösserung der Tüpfel- bezw. Bohrlöcherkreise zeigend, *b* Jahresgrenze zweier Holzschichten, aus Parenchymzellen bestehend, die zuerst vom Pilze resorbirt werden, weshalb hier stets eine Trennung des Holzkörpers erfolgt, *d* Gefäss mit sehr zartem Mycel erfüllt, *e e* ein in Auflösung begriffener Markstrahl. Vergr. 200/1.

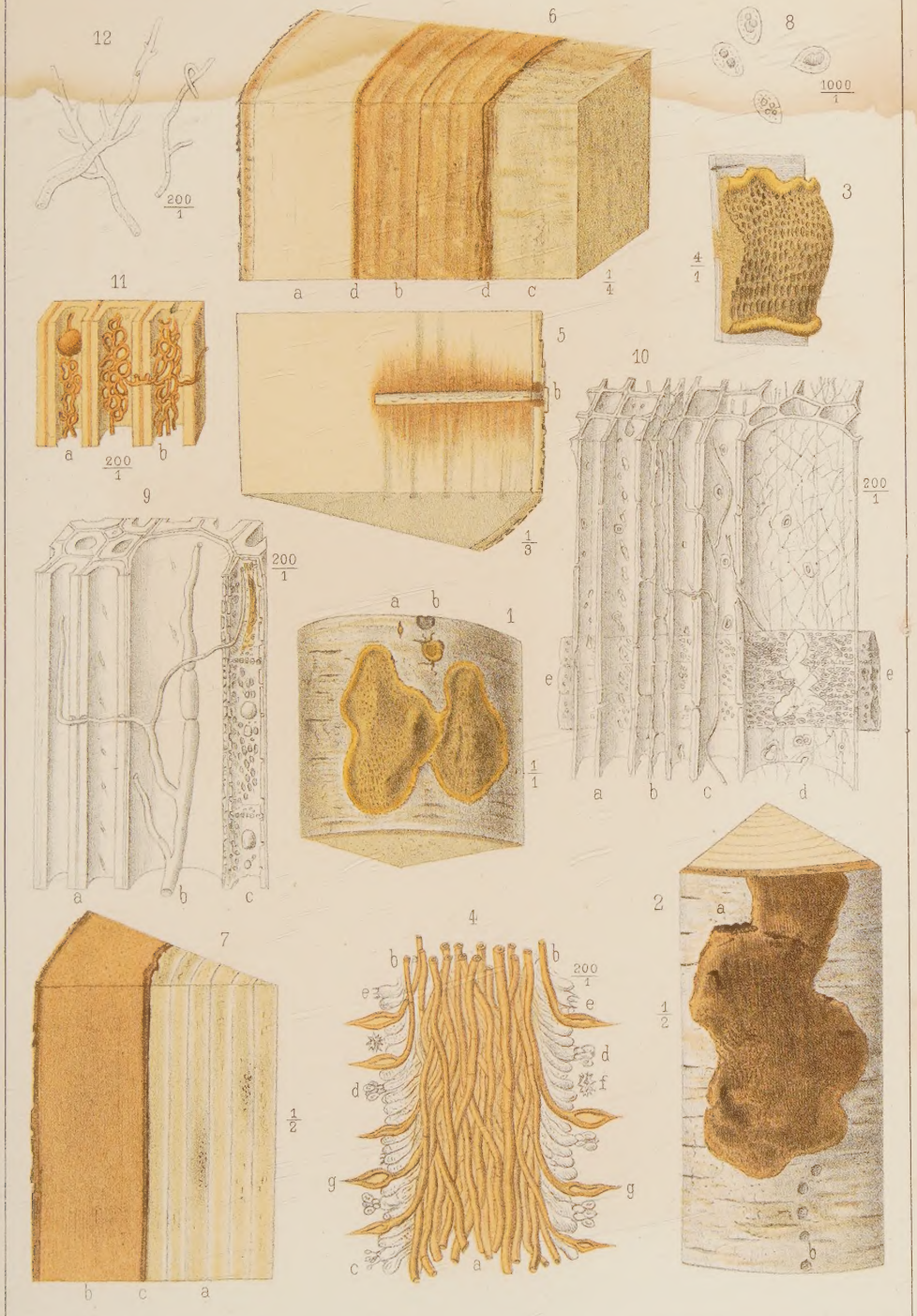
Fig. 11. *a b* Ansicht der Veränderungen des Mycels und Holzkörpers, wenn freie, atmosphärische Luft einwirkt oder wenn die beiden Pilze sich im Innern des Holzes begegnen. Vergr. 200/1.

Fig. 12. Frei über der Oberfläche eines kranken Birkenholzes hervorgewachsenes Mycel des P. laevigatus. Vergr. 200/1.

Verlag von Theodor Fischer in Cassel. — Druck von Friedr. Scheel in Cassel.

Artist Anst v. Th. Fischer, Cassel

Polyporus betulinus Bull.



H. Mayr del.

Artist. Anst. v. Th. Fischer, Cassel.

Polyporus laevigatus Fries.